Не смотри на солнце без темного стекла!

П. В. ВЬЮШКОВ

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ
9 июля 1945 года

Издание СГУ
1945

САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени Н. Г. Чернышевского
и
САРАТОВСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ ВСЕСОЮЗНОГО
АСТРОНОМО - ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА
при Академии Наук СССР

Научно-популярная серия.

П. В. ВЬЮШКОВ

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ
9 июля 1945 года

ИЗДАНИЕ СГУ

Саратов — 1945

Не смотри на Солнце
без темного стекла

СОЛНЕЧНОЕ ЗАТМЕНИЕ 9 ИЮЛЯ 1945 г.

Введение

Полное солнечное затмение принадлежит к числу наиболее замечательных явлений. Когда среди белого дня, при ясном и безоблачном небе ослепительно яркий диск Солнца мало-по-малу уменьшается, превращается в тонкий серпик и, наконец, совершенно исчезает, это производит глубокое впечатление на тех, кому удается видеть затмение.

В глубокой древности человек испытывал непроизвольный страх, наблюдая величественную картину полного солнечного затмения и не умея объяснить и понять ее. В Китае, Индии да и в среднеазиатских владениях царской России существовало убеждение, что во время затмения на Солнце нападает черный дракон, который хочет пожрать Солнце. Люди поднимали шум: кричали, били в сковороды, барабаны, жрецы произносили заклинания, чтобы напугать дракона, отогнать его от Солнца.

Одной из главных задач китайских астрономов было предупреждение населения о предстоящем затмении, чтобы можно было подготовиться к „отпугиванию" дракона. Самое первое затмение, запись о котором дошла до нашего времени, состоялось 22 октября 2137 года до нашего летоисчисления (эры). Оно трагически окончилось для астрономов, не сумевших его предсказать. В китайских государственных летописях „Шу-Кинг" по этому поводу говорится: „Господа Хи и Хо забыли о добродетели, предались непомерному пьянству, запустили свои обязанности и оказались ниже своего ранга. Они впервые нарушили счет времени по светилам. В последний осенний месяц, в первый его день Солнце и Луна, вопреки вычислениям,

сошлись в созвездии „Фанг“. Слепых известил барабан: бережливые люди были охвачены смятением; народ бежал. А господа Хи и Хо находились при своей должности; они ничего не слышали и ничего не знали“. Ужас, вызванный неожиданным затмением, был очень велик, и по приказанию императора Чунг Канча оба астронома были обезглавлены, хотя, возможно, они были и не виноваты, так как для того времени предсказание затмения представляло очень трудную задачу.

Только значительно позднее, на основании наблюдений халдейских астрономов (Малая Азия), удалось подметить, что затмения повторяются через определенный период, который был назван саросом. Этот период составляет 18 лет и 11 $^{1}/_{3}$ дней (10 $^{1}/_{3}$ дней, если в этом периоде будет 5 високосных лет). Открытие сароса дало возможность предсказывать затмения. Первое затмение, предсказанное греческим ученым Фалесом из Милета, произошло 28 мая 585 года до нашей эры. По поводу него греческий историк Геродот писал следующее: „Была война между лидийцами и мидянами, каждая сторона одерживала много побед над другой, и только они договорились не вступать в битву ночью. Так продолжалась война с равным успехом, когда в начале шестого года, во время битвы день неожиданно превратился в ночь. Фалес Милетский предупреждал об этой потере солнечного света ионийцев, указав год, когда это должно произойти. Когда лидийцы и мидяне увидели день, обращенный в ночь, они бежали с поля битвы и вскоре заключили мир“. Много было любопытных, трагических и смешных случаев в прошлом, связанных с затмениями.

В настоящее время астрономы могут указать не только год, когда произойдет затмение, но даже час, минуту и секунду, когда оно начнется и места, где оно будет видно. Мы располагаем сейчас, так называемым, „Каноном затмений“ Оппольцера — полным списком затмений Солнца и Луны с 1208 года до нашей эры до 2162 года нашей эры. Там даны сведения о 8000 солнечных затмений и 5200 лунных. Пользуясь этим списком и используя указания, которые встречаются в летописях и других, дошедших до нас, памятниках старины относительно затмений, мы получаем возможность установить действительные даты различных исторических событий. Таким образом, астрономия оказывает важную помощь историкам.

Отчего происходят затмения Солнца и Луны

Солнце представляет собой громадный сильно раскаленный и поэтому светящийся газовый шар. Расстояние от Земли до Солнца 149.450.000 км. Это такое расстояние, что если бы его проехать на поезде, идущем безостановочно со скоростью 50 км в час, то потребовалось бы 340 лет. Поэтому, хотя Солнце нам кажется небольшим, в действительности оно огромно. Его поперечник составляет 1.390.000 км. Он в 110 раз больше поперечника Земли, который равен всего 12.740 км. Имея громадные размеры, массу в 333.000 раз превосходящую массу Земли и высокую температуру, достигающую на поверхности 6000°, Солнце является центральным телом нашей планетной системы. Его большая масса заставляет планеты двигаться около нее по слегка вытянутым окружностям и не дает им улетать в мировое пространство. Высокая температура и большое количество света и тепла, которые излучает Солнце, делает возможной жизнь на Земле, а может быть и на некоторых других планетах.

Земля, являющаяся одной из планет, обращается около Солнца в течение года. На сравнительно небольшом расстоянии от нее (384.400 км) движется ее спутник — Луна. Луна почти в 4 раза меньше Земли и в 400 раз меньше Солнца, — ее диаметр всего 3476 км. Так как Луна в 400 раз ближе к нам, чем Солнце, то, несмотря на свою малую величину, она кажется таких же размеров, как и Солнце.

Луна представляет собой темное, непрозрачное тело. Лучи Солнца освещают ее и дают нам возможность ее видеть. В зависимости от положения Луны по отношению к Земле и Солнцу с Земли видна большая или меньшая часть освещенного полушария Луны. Благодаря этому, ее вид или, как говорят, фаза меняется. Когда Луна находится между Землей и Солнцем, она повернута к Земле темной, неосвещенной стороной и не видна с Земли. Эта фаза носит название новолуния. Несколько дней спустя после новолуния, мы видим Луну (которая вначале была там же, где и Солнце) уже значительно левее, или к востоку. При этом положении Луны неосвещенное ее полушарие уже не будет целиком обращено к Земле, но наблюдатель увидит с Земли некоторую, правда, весьма небольшую, часть освещенного полушария Луны. В этом

положении Луна будет видна нам в виде узкого освещенного серпа, обращенного выпуклой стороной вправо, т. е. к Солнцу. В это время Луна заходит рано вечером, вскоре после захода Солнца. Постепенно серп Луны делается все шире и шире, и через 7½ дней после новолуния мы будем видеть Луну в виде полукруга. Эта фаза носит название первой четверти. Еще через 7½ суток Луна придет в такое положение, при котором обращенное к Солнцу и, следовательно, освещенное полушарие всецело обращено также и к Земле. Это будет полнолуние, когда Луна видна в виде полного освещенного круга. В это время Луна занимает на небе положение, прямо противоположное Солнцу. Она восходит в момент захода Солнца, а заходит при его восходе.

При дальнейшем движении Луны к наблюдателю, находящемуся на Земле, постепенно будет обращаться все большая и большая часть темного полушария Луны, причем освещенная горбушка, а затем — серп будут обращены выпуклой стороной влево. Приблизительно, через 29½ суток снова наступит новолуние, и Луна будет находиться в том же направлении, в котором мы видим Солнце.

Земля и Луна, как всякие непрозрачные тела, отбрасывают от себя тени в сторону, противоположную Солнцу. Можно расчитать, учитывая радиусы Земли и Солнца и расстояние между ними, что длина земной тени будет 1.380.000 км. Так как Луна обращается около Земли по пути, близкому к окружности с радиусом 384.400 км и, следовательно, земная тень значительно длиннее расстояния от Земли до Луны, то Луна при своем движении вокруг Земли может попасть в земную тень. Тогда солнечные лучи не будут ее освещать, и мы увидим лунное затмение.

Лунное затмение происходит тогда, когда луна находится по другую сторону Земли, чем Солнце. Это будет в моменты полнолуний, когда к Земле обращена освещенная Солнцем сторона Луны.

Так же можно вычислить длину лунной тени. Она колеблется в пределах от 380.000 км до 367.000 км, так как расстояние от Солнца до Земли, а, следовательно, и до Луны, в различные времена года неодинаково. Оно меньше зимой — в начале января и всего больше летом — в начале июля. В среднем длину лунной тени можно принять равной 373.500 км. Так как Луна движется около Земли по кри-

вой, напоминающей вытянутую окружность или, как говорят, по эллипсу (причем Земля находится не в центре), то расстояние от Земли до Луны меняется. Наименьшее расстояние от центра Луны до поверхности Земли может дойти до 350.000 км., т. е. сделаться меньше длины лунной тени. Таким образом, когда Луна находится как раз между Землей и Солнцем, во время новолуния, ее тень может достигнуть земной поверхности, и тогда в этом месте произойдет затмение Солнца. Светлый солнечный диск будет закрыт отчасти или полностью темным диском Луны.

Каждый месяц бывают полнолуние и новолуние, но не каждый раз при этом происходят лунные и солнечные затмения. Дело в том, что плоскость, в которой происходит движение Луны, не совпадает с плоскостью, в которой Земля движется относительно Солнца, так называемой, эклиптикой. Эти две плоскости наклонены друг к другу под углом, приблизительно, в 5°. Поэтому обычно Луна бывает во время полнолуния либо выше, либо ниже земной тени, и только в том случае, когда Луна в полнолуние пересекает эклиптику или бывает поблизости от нее, она может попасть в земную тень, в результате чего произойдет затмение Луны.

Точки, в которых Луна пересекает эклиптику, называются лунными узлами. Так как во время полнолуния Луна находится в противоположной Солнцу стороне неба, то, если она находится около одного узла, Солнце будет около противоположного.

То же самое можно сказать относительно солнечных затмений: они могут происходить только тогда, когда Луна в новолуние будет поблизисти от эклиптики, т. е. от лунного узла. Солнце в это время тоже будет около того же узла. Только в этом случае лунная тень может упасть на Землю, и на Земле в местах падения лунной тени будет видно солнечное затмение. При других условиях лунная тень пройдет либо выше, либо ниже Земли, и затмения не произойдет.

Число и периодичность затмений

Так как поперечник земной тени в тех местах, где его пересекает Луна при своем движении вокруг Земли, имеет около 10.000 км, а диаметр Луны 3480 км, то для наступления затмения необязательно, чтобы Луна во время полно-

луния, а, следовательно, и Солнце точно были в узле. Лунное затмение может произойти и тогда, когда Солнце находится на расстоянии 11° в ту или другую сторону от узла. Другими словами, лунное затмение может произойти, когда полнолуние приходится 10—13 днями раньше или позднее момента прохождения Солнца через один из узлов лунной орбиты. Для солнечных затмений новолуние может приходиться на 16, а иногда даже на 18 дней раньше или позднее этого момента. Поэтому в течение года бывают два периода продолжительностью в 20—26 дней, когда могут происходить лунные затмения, и два периода в 32—36 дней, когда возможны солнечные. Так как от одного новолуния до другого проходит 29½ суток, то за промежуток в 32—36 дней непременно будет одно, а то и два новолуния, а, следовательно, столько же солнечных затмений. Таким образом, в течение года обязательно произойдет не меньше двух солнечных затмений.

Что касается лунных затмений, то за 20—26 дней может и не случиться полнолуния, то-есть, не быть затмения. Отсюда следует, что бывают годы, когда лунных затмений не происходит.

Так как плоскость, в которой движется Луна, постепенно поворачивается в пространстве, то меняется и положение узлов, которые перемещаются, приблизительно, на 20° в год. Поэтому затмения не приходятся на одни и те же месяцы в течение ряда лет, а медленно сдвигаются, случаясь все раньше и раньше.

Например: в 1942 году было три солнечных затмения: 16—17 марта, 12 августа и 10 сентября и два лунных: 2—3 марта и 26 августа. В 1943 году было два солнечных затмения: 4—5 февраля и 1 августа и два лунных: 20 февраля и 15—16 августа. В 1944 году было два солнечных затмения: 25 января и 20 июля. Лунных затмений не было. В 1945 году приходится два солнечных затмения: 14 января и 9 июля и два лунных: 25 июня и 19 декабря. Из приведенных данных видно, что как солнечные, так и лунные затмения за указанные четыре года перешли с марта и августа на июнь и декабрь.

Если первый период затмений приходится на начало года, то второй будет в середине, а к концу года может быть захвачен третий период. Поэтому наибольшее возможное число затмений в году может доходить до 7: из них 5 солнечных и 2 лунных, или 4 солнечных и 3 лунных.

Чаще всего бывает 2 солнечных и 2 лунных. Наименьшее число затмений 2—оба солнечные.

Раньше было указано, что халдейские астрономы открыли период повторения затмений — сарос. Это открытие дало возможность предсказывать затмения. Такая периодичность в повторении затмений объясняется тем, что затмения происходят во время полнолуния или новолуния, когда Солнце бывает около одного из лунных узлов. Промежуток времени от одного полнолуния до другого составляет 29,5306 суток — это, так называемый, лунный месяц. Так как лунные узлы перемещаются с востока на запад, то Солнце, будучи в начале в узле, снова окажется в нем через 346,620 суток — это, так называемый, драконический год. Простой подсчет показывает, что 223 лунных месяца составляют 6585,32 суток, а 19 драконических лет—6585,78 суток. Разность между этими периодами всего только около 11 часов.

Таким образом, если затмение произойдет сегодня, причем Солнце будет находиться точно у одного из лунных узлов, то через 223 месяца Луна будет почти точно в таком же положении относительно Земли, а Солнце окажется опять близко от узла (на 28 минут к западу от него), и произойдет затмение, очень схожее с прежним. Только видно это затмение будет в других местах, так как Земля за это время сделает лишнюю треть оборота.

За период сароса происходит 70 затмений; из них 41 солнечное и 29 лунных. Вследствие неполной точности сароса, изменяется положение Луны и Солнца относительно узлов, а в связи с этим меняются и условия видимости затмений. При своем первом появлении солнечное затмение бывает очень малым и видно только у полюсов Земли. При повторениях этого затмения через 18-летние периоды область его видимости будет смещаться к экватору, причем его величина возрастает. Через 9—16 саросов затмение делается центральным, то-есть кольцеобразным или полным и так повторяется приблизительно 45 саросов. За это время область его видимости перемещается в другое полушарие. В течение следующих 9—16 саросов оно снова становится частным, после чего выбывает из цикла. Таким образом, затмение определенного номера повторяется приблизительно в течение 70 саросов, т. е. около 1300 лет.

Затмение 9 июля 1945 года, с этой точки зрения, принадлежит к молодым. Оно только недавно стало полным

и поэтому продолжительность его невелика. В цикле саросов оно появилось 17 саросов назад. На 15 саросе 6 июня 1891 г. оно впервые стало полным (близ полуострова Таймыра). Затем оно было видно 17 июня 1909 г. и 29 июня 1927 г. В будущем его увидят 20 июля 1963 г., 31 июля 1981 г. и 11 августа 1999 г. Как полное, оно будет видно до XXVIII столетия и выйдет из цикла в XXXI столетии.

Солнечные затмения

Когда Луна бывает как раз на прямой между Землей и Солнцем, то, если лунная тень больше расстояния от Земли до Луны, она дойдет до поверхности Земли, и в тех местах, где она упадет на Землю, будет видно полное затмение Солнца. Если же лунная тень будет меньше этого расстояния, то полного солнечного затмения не будет. В этом случае видимый диск Луны будет меньше диска Солнца, не сможет закрыть его собой, и при центральном положении Луны на солнечном диске от последнего останется видимо тонкое яркое кольцо. Такое затмение называется кольцеобразным. Кольцеобразные затмения случаются чаще полных.

Кроме полной тени от Луны отбрасывается еще полутень. Для наблюдателя, находящегося в области полутени, не все Солнце будет закрыто Луной. Он увидит частное затмение Солнца. Поперечник полутени в среднем имеет около 6400 км. Он только немного превосходит половину диаметра Земли. Таким образом, полутень покрывает только 1/6 часть поверхности полушария Земли, освещенного Солнцем.

Лунная тень, а вместе с ней полутень быстро пробегают по земной поверхности, приблизительно, в направлении с запада на восток (рис. 1). Это происходит главным образом вследствие движения Луны по ее орбите со скоростью около 1 км в секунду. Если бы Земля не вращалась около оси, то лунная тень бежала бы по Земле с такой же скоростью. Но Земля вращается в том же направлении, в каком движется Луна, со скоростью на экваторе около 0,5 км в секунду. Поэтому, относительно земной поверхности скорость движения тени будет меньше на величину скорости вращения Земли. Наименьшая скорость тени на экваторе будет около 0,5 км в секунду. Если наблюдение производится далеко от экватора, то скорость тени будет

Лучи солнца

Луна

Земля

Рисунок 1.

значительно больше, а в утренние или вечерние часы, при косом падении тени, ее скорость может дойти до 2 км в секунду.

Наибольшая величина диаметра лунной тени на поверхности Земли достигает 269 км, а наибольшая продолжительность полного затмения—7 м. 34 сек. (на экваторе). Так как относительно звезд Луна движется с запада на восток на величину своего диаметра в час, то при начале затмения Луна надвигается на правый (западный) край солнечного диска. Момент первого соприкосновения диска Луны с диском Солнца называется первым контактом (начало частного затмения). После первого контакта ущерб солнечного диска постепенно растет. Солнце принимает вид узкого серпа. Фаза затмения (т. е. десятичная дробь, показывающая какая часть поперечника Солнца закрыта Луной) все возрастает и возрастает. Незадолго до полного затмения (второй контакт) начинает чувствоваться потемнение, окрестности на Земле приобретают необычайную окраску с красноватыми и фиолетовыми оттенками. Если наблюдать с высокого места, то можно заметить лунную тень, с громадной быстротой надвигающуюся на наблюдателя.

За одну-две минуты до полной фазы на белых предметах наблюдаются быстро движущиеся полоски в виде ряби, так называемые, бегущие тени. Яркие блики Солнца на фоне тени от деревьев, которые мы привыкли видеть круглыми, делаются серпообразными. Тени от земных предметов, например, от растопыренных пальцев руки, принимают необычайную форму.

Но вот наступает второй контакт. За темным диском Луны скрывается последний краешек Солнца. Внезапно темнеет. На потемневшем небе становятся заметными яркие звезды и планеты. Вокруг черного диска Луны появляются неподвижные, немерцающие серебристые голубовато-лиловатого цвета лучи внешней короны Солнца. Сравнительно ярко светится тонкое кольцо внутренней короны, на фоне которой алыми языками сверкают кое-где протуберанцы— огненные фонтаны раскаленных газов, бьющие вверх с волнующейся поверхности Солнца.

Через несколько секунд глаза привыкают к темноте. Небо становится глубоко-темносиним со слегка фиолетовым оттенком. Вдоль горизонта видно, так называемое, „заревое кольцо" в виде красноватого сияния. Это от-

блески освещенной лучами Солнца атмосферы, находящейся вне пределов лунной тени. Но вот на правой стороне Луны вспыхивает яркий край Солнца (третий контакт). Сразу все светлеет. Пропадает корона. Полное затмение кончилось. Серп Солнца начинает увеличиваться, и через час наступает четвертый контакт — лунный диск сходит с солнечного. Лучшее описание полного солнечного затмения принадлежит В. Г. Короленко. Ниже приводятся выдержки из его рассказа „*На затмении*". Этот рассказ относится к затмению 7/19 августа 1887 года.

„...подхожу к беседующим, здороваюсь и перехожу к злобе дня.

— Скоро начнется...

— Начнется? — вспыхивает старик, точно его ужалило, и седая борода трясется сильнее. — Чему начаться то? Еще может ничего и не будет.

— Ну уж будет-то — будет наверное.

— Та-ак!... А дозвольте спросить, — говорит он уже с плохо сдерживаемым гневом, — нешто можно вам власть господню узнать? Кому это господь-батюшка откроет? Или уж так надо думать, что господь с вами о своем деле совет держал?..

... „Астроломы" проходят один за другим к балагану. Старик-немец несет инструменты, с угрюмым и недовольным видом поглядывая на облака. Он ни разу не взглянул на толпу... Он приехал издалека нарочно для этого утра, и вот бестолковый русский туман грозит отнять у него ученую жатву. Профессор недовольно ворчит, пока его умные глаза пытливо пробегают по небу...

...Трубы установлены, с балаганов сняты брезенты, ученые пробуют аппараты. Лица их проясняются вместе с небом. Холодная уверенность этих приготовлений видимо импонирует толпе...

Минутная тишина. Вдруг раздается звонкий удар маятника метронома, отбивающего секунды.

— Началось!.. — догадывается кто-то в толпе, видя, что астрономы припали к трубам.

— Вот-те и началось, ничего нету, — небрежно и уверенно произносит вдруг в задних рядах голос старого скептика, которого я видел на мосту...

...Среди быстро пробегающих озаренных облаков я вижу ясно очерченный солнечный круг. С правой стороны, сверху он будто обрезан чуть заметно. Минута молчания.

— Ущербилось! — внятно раздается голос из толпы.

— Не толкуй пустого! — резко обрывает старец.

Я нарочно подхожу к нему и предлагаю посмотреть в мое стекло. Он отворачивается с отвращением.

— Стар я, стар в ваши стекла глядеть. Я его, родимые, и так вижу, и глазами. Вон оно—в своем виде.

Но вдруг по лицу его пробегает точно судорога, не то испуг, не то глубокое огорчение.

— Господи, Иисусе Христе, царица небесная...

Солнце тонет на минуту в широком мглистом пятне и показывается из облака уже значительно ущербленным. Теперь уже это видно простым глазом, чему помогает тонкий пар, который все еще курится в воздухе, смягчая ослепительный блеск.

Тишина. Кое-где слышно нервное, тяжелое дыхание; на фоне напряженного молчания метроном отбивает секунды металлическим звоном, да немец продолжает говорить что-то непонятное, и его голос звучит как-то чуждо и странно. Я оглядываюсь. Старый скептик шагает прочь быстрыми шагами, с низко опущенной головой.

Проходит полчаса. День сияет почти все так же, облака закрывают и открывают солнце, теперь плывущее в вышине в виде серпа. Какой-то мужичок „из Пучежа" въезжает на площадь, торопливо поворачивает к забору и начинает выпрягать лошадь, как будто его внезапно застигла ночь и он собрался на ночлег. Подвязав лошадь к возу, он растерянно смотрит на холм с инструментами, на толпу людей с побледневшими лицами, потом находит глазами церковь и начинает креститься механически, сохраняя в лице все то же испуганно-вопросительное выражение...

День начинает заметно бледнеть. Лица людей принимают испуганный оттенок, тени человеческих фигур лежат на земле, бледные, неясные. Пароход, идущий вниз, проплывает каким-то призраком. Его очертания стали легче, потеряли определенность красок. Количество света, видимо, убывает; но так как нет сгущенных теней вечера, нет игры отраженного на низших слоях атмосферы света, то эти сумерки кажутся не обычны и странны. Пейзаж будто расплывается в чем-то; трава теряет зелень, горы как бы лишаются своей тяжелой плотности.

Однако, пока остается тонкий серповидный ободок солнца, все еще царит впечатление сильно побледневшего дня,

и мне казалось, что рассказы о темноте во время затмений преувеличенны. „Неужели—думалось мне—эта остающаяся еще ничтожная искорка солнца, горящая, как последняя, забытая свечка в огромном мире, так много значит? Неужели, когда она потухнет, вдруг должна наступить ночь?“

Но вот эта искра исчезла. Она как то порывисто, будто вырвавшись с усилием из-за темной заслонки, сверкнула еще золотым брызгом и погасла. И вместе с этим пролилась на землю густая тьма. Я уловил мгновение, когда среди сумрака набежала полная тень. Она появилась на юге и точно громадное покрывало быстро пролетела по горам, по реке, по полям, обмахнув все небесное пространство, укутала нас и в одно мгновение сомкнулась на севере...

Но это не была обыкновенная ночь.

Было настолько светло, что глаз невольно искал серебристого лунного сияния, пронизывающего насквозь синюю тьму обычной ночи. Но нигде не было сияния, не было синевы. Казалось, тонкий, неразличимый для глаза, пепел рассыпался сверху над землей или будто тончайшая и густая сетка повисла в воздухе. А там, где-то по бокам, в верхних слоях чувствуется озаренная воздушная даль, которая сквозит в нашу тьму, смывая тени, лишая темноту ее формы и густоты. И над всею смущенной природой чудной панорамой бегут тучи, а среди них происходит захватывающая борьба... Круглое, темное, враждебное тело, точно паук, впилось в яркое солнце, и они несутся вместе в заоблачной вышине. Какое-то сияние, льющееся изменчивыми переливами из-за темного щита, придает зрелищу движение и жизнь, а облака еще усиливают эту иллюзию своим тревожным бесшумным бегом...

... Прошло не более 15 секунд. Все мы стояли вместе, подняв глаза кверху, туда, где все еще продолжалась молчаливая борьба света и тьмы, как вдруг вверху, с правой стороны вспыхнула искорка, и сразу лица моих собеседников осветились. Так же внезапно, как прежде он набежал на нас, мрак убегает теперь к северу. Темное покрывало взметнулось гигантским взмахом в беспредельных пространствах, пробежало по волнистым очертаниям облаков и исчезло. Свет струился теперь, после темноты, еще ярче и веселее прежнего, разливаясь победным сиянием. Теперь земля оделась опять в те же бледные тени и странные

цвета, но они производят другое впечатление: то было угасание и смерть, а теперь наступало возрождение...“

Такова мастерская картина полного солнечного затмения, нарисованного одним из лучших мастеров слова В. Г. Короленко.

Полное солнечное затмение 9 июля 1945 г.

9 июля 1945 г. произойдет полное солнечное затмение. Полутень луны вступает на землю в 14 ч. 00 м. по московскому времени в Мексиканском заливе, где начинается частное затмение. Полоса полного затмения начинается в штате Айдаго в США. Затем через Канаду, Гудзонов залив и Гренландию она переходит к Скандинавскому полуострову, пересекает Норвегию, Швецию, Финляндию и южнее Сортавала (Сердоболь) вступает в пределы СССР. Здесь в полосу полного затмения попадают города: Весьегонск, Рыбинск, Ярославль, Иваново, Шуя, Горбатов, Ардатов, Чапаевск, Челкар, Аральск, Кзыл-Орда. Кончается полоса полного затмения в горах к северу от Андижана. Полное затмение начинается в 15 ч. 14 мин. и заканчивается в 17 ч. 41 м. За 2 ч. 27 мин. лунная тень пробегает почти 12.000 км. со средней скоростью 1300 м. в секунду. Полутень покидает Землю в 18 ч. 55 мин. на Аравийском полуострове, где кончается частное затмение. Ширина лунной тени, а, следовательно, и полосы полного затмения изменяется от 83 км на севере, до 68 км около Куйбышева и до 45 км в южной части. Соответственно изменяется продолжительность полной фазы от 61 сек. до 25 сек. Частное затмение будет видно на всей территории Советского Союза за исключением области, расположенной юго-восточнее линии Иркутск-Чукотский полуостров.

В районе Юго-Востока полоса полного затмения пересекает Волгу между Сызранью и Куйбышевом, причем граница полосы проходит через Сызрань, так что жители северо-восточной части города будут видеть полное затмение, а в юго-западной части будет видно только частное затмение. Город Чапаевск лежит почти посередине полосы. Дальше полоса полной фазы пересекает Урал около поселка Бурлы и линию Уральск-Илецк в районе станции Казахстан и села Березовского.

В таблице приведены данные относительно хода затмения для некоторых пунктов Юго-Востока.

Название пункта	Московское время			Наибольшая фаза
	начала	середины	конца	
Саратов	16 ч. 30 м.	17 ч. 33 м.	18 ч. 32 м.	0.96
Тамбов	16 „ 25 „	17 „ 30 „	18 „ 30 „	0.94
Пенза	16 „ 26 „	17 „ 30 „	18 „ 29 „	0.97
Уральск	16 „ 32 „	17 „ 33 „	18 „ 31 „	0.99
Чкалов	16 „ 32 „	17 „ 33 „	18 „ 28 „	0.98
Сталинград	16 „ 34 „	17 „ 37 „	18 „ 35 „	0.90
Астрахань	16 „ 40 „	17 „ 42 „	18 „ 38 „	0.88
Гурьев	16 „ 39 „	17 „ 40 „	18 „ 36 „	0.93
Балашов	16 „ 29 „	17 „ 33 „	18 „ 32 „	0.93
Ртищево	16 „ 27 „	17 „ 31 „	18 „ 31 „	0.95
Аткарск	16 „ 29 „	17 „ 32 „	18 „ 31 „	0.95
Петровск	16 „ 28 „	17 „ 31 „	18 „ 30 „	0.97
Вольск	16 „ 29 „	17 „ 32 „	18 „ 30 „	0.98
Хвалынск	16 „ 29 „	17 „ 31 „	18 „ 30 „	0.99
Пугачев	16 „ 30 „	17 „ 32 „	18 „ 30 „	0.98
Камышин	16 „ 32 „	17 „ 35 „	18 „ 34 „	0.93
Новоузенск	16 „ 32 „	17 „ 35 „	18 „ 32 „	0.96

На рисунке 2 изображен ход солнечного затмения для Москвы через каждые 10 минут. Так же будет протекать затмение в Саратове и в прилегающих районах.

Наблюдения солнечных затмений

Полные солнечные затмения происходят в среднем один раз в полтора года и наблюдаются только в узкой полосе на земной поверхности, по которой пробегает лунная тень. Каждый раз в район полосы полной фазы выезжают многочисленные экспедиции с большими сложными инструментами. Затрачивается много сил и средств для того, чтобы в лучшем случае в течение нескольких минут иметь возможность наблюдать полное солнечное затмение. Иногда все труды пропадают даром из-за пасмурной погоды, предвидеть которую почти невозможно. Тем не менее, астрономам приходится итти на все это ввиду большой научной ценности подобного рода наблюдений. Только в последние годы наблюдения стали возможны и в пасмурную погоду: ученые поднимаются на самолётах выше облаков, закрывающих солнце, и ведут наблюдения „в воздухе“.

16ч.20м.
16ч.30м.
16ч.40м
16ч.50м.
17ч.0м.
17ч.10м.
17ч.20м.
17ч.25м.
17ч.30м.
17ч.40м.
17ч.50м.
18ч.0м.
18ч.10м.
18ч.20м.
18ч.30м.

Рисунок 2.

Дело в том, что Солнце является единственным источником энергии, обеспечивающей жизнь на Земле. Поэтому детальное исследование и изучение всех явлений на Солнце является чрезвычайно важным, так как только при этом условии мы можем рассчитывать найти наиболее целесообразные способы использовать его энергию.

Но Солнце в то же время является одной из звезд, отличающейся своим близким расположением к нам. Остальные звезды в сотни тысяч и миллионы раз дальше, чем Солнце. Непосредственное изучение их физических особенностей очень затруднено тем, что даже в самые большие телескопы они кажутся нам светящимися точками.

Исследуя различные процессы, протекающие на Солнце, мы имеем возможность познакомиться с жизнью звезд, распространяя полученные сведения на звездный мир.

Некоторые явления на Солнце можно изучать в любое время. Так, например, регулярно каждый ясный день на некоторых обсерваториях производятся исследования поверхности Солнца. Фотографируются пятна—темные места на Солнце, представляющие собой громадные вихри, вроде циклонов в нашей атмосфере, только значительно больших размеров. Регулярно наблюдаются протуберанцы или выступы на краю Солнца, некоторые из которых представляют собой как бы облака, парящие над солнечной поверхностью, а другие—огненные языки извержений раскаленных газов из недр Солнца, часто поднимающиеся на высоту в сотни тысяч километров.

Особые очень сложные аппараты, так называемые, спектрогелиографы позволяют исследовать распределение различных элементов (водород, кальций) как по поверхности Солнца, так и по высоте. Другие приборы—спектрогелиоскопы дают возможность изучать их движение.

Правда, все эти явления, наблюдаются только на самой поверхности Солнца или на небольшой высоте над ней. Недра Солнца для нас недоступны. О том, что делается внутри, мы можем только строить предположения (гипотезы), делать заключения на основании теоретических соображений и расчетов.

Из таких расчетов получается, например, что давление с глубиной возрастает, что температура внутри Солнца должна достигать нескольких десятков миллионов градусов, то-есть такой величины, которую невозможно представить.

Однако целый ряд явлений на поверхности Солнца и в наружных его оболочках недоступны при обычных условиях для наблюдений. Наблюдениям мешает громадное количество света, которое испускает блестящая поверхность Солнца,—так называемая, фотосфера.

Во время полного затмения ослепительно яркая фотосфера закрывается темным диском Луны и, благодаря этому, становится видимым значительно более слабо светящаяся атмосфера Солнца и окружающая его корона.

Детальное изучение атмосферы и короны Солнца возможно только во время полного затмения.

Короткая продолжительность затмения заставляет при наблюдениях широко применять фотографию, которая имеет большие преимущества перед наблюдениями просто глазом. Несколько месяцев, а то и годы после затмения продолжается детальное изучение пластинок, которые были сняты на протяжении 2—3-х минут полного затмения.

Какие же задачи ставят себе астрономы, наблюдая затмения?

Научные вопросы, для решения которых организуются экспедиции в полосу полного затмения, весьма многочисленны. С течением времени встают все новые, более сложные задачи. В небольшой брошюре невозможно даже кратко рассказать обо всем, что изучается во время затмения, поэтому дальше будут указаны только основные задачи.

1. Проверка теории движения Луны

Одной из задач наблюдений солнечных затмений является определение с большой точностью положения Луны относительно Солнца. Это нужно для уточнения теории движения Луны—одной из самых сложных проблем небесной механики.

Для определения положения Луны можно производить фотографирование частных фаз затмения, точно отмечая моменты фотографирования. Измеряя полученные пластинки, можно найти поправки к теории движения Луны. Для той же цели точно отмечают моменты контактов, в особенности—второго и третьего.

2. Эффект Эйнштейна

Затем, во время полного затмения производят фотографирование звезд в окрестностях Солнца для проверки теории относительности, созданной Эйнштейном.

По теории относительности лучи звезд, проходящие в непосредственной близости от поверхности Солнца, должны искривляться, обращаясь своей вогнутостью к Солнцу. В результате такого искривления лучей, звезды будут как бы смещены со своих положений и отодвинутся от края Солнца.

Согласно теории относительности, смещение звезд у самого края Солнца достигает $1^3/_4$ сек. дуги. Предсказанное теорией смещение действительно наблюдается, но имеет несколько большую величину. Это разногласие между наблюдением и теорией не выяснено до сих пор. Возможно, что кроме отклонения лучей света, согласно принципа относительности, имеет место дополнительное отклонение вследствие преломления лучей света в солнечной атмосфере или вследствие каких-либо других причин. Во всяком случае, выяснение остающейся невязки имеет огромное значение для теории относительности и для изучения свойств пространства около Солнца.

Рассмотрим теперь главнейшие вопросы, касающиеся непосредственно Солнца.

3. Наблюдения фотосферы Солнца

Фотосфера—самая внутренняя из доступных наблюдению оболочек Солнца. Практически весь свет, получаемый от Солнца, идет к нам от фотосферы. Давно установлено, что яркость солнечной поверхности значительно уменьшается к краям.

Точное исследование уменьшения яркости у краев очень важно для суждения о строении поверхностных слоев Солнца и о происходящих в них процессах.

Подобного рода исследования можно производить в любой ясный день, но при этом получаются не вполне уверенные результаты. Неуверенность происходит от того, что свет неба—то-есть, свет, рассеянный земной атмосферой, будем мешать наблюдениям. Только во время солнечных затмений, когда рассеянный свет неба будет сравнительно слабым, можно с успехом производить наблюдения яркости у самого края солнечного диска, когда от всего Солнца остается узенький серпик.

4. Наблюдения спектров обращающего слоя и хромосферы

Выше фотосферы Солнца расположена солнечная атмосфера. Обычно различают два слоя атмосферы—обра-

щающий слой и хромосферу. Обращающий слой толщиной в немного сотен километров представляет собой нижний слой солнечной атмосферы. Выше его расположена хромосфера, поднимающаяся на высоту свыше 10.000 км. Газы, образующие хромосферу, очень разрежены.

Мы знаем, что если пропустить солнечный свет через стеклянную призму, то он отклонится к основанию призмы и образует после выхода цветную полоску с цветами от красного до фиолетового—так называемый, спектр. Если на пути солнечных лучей до призмы поставить узкую щель, соответственным образом расположенную, то полученный спектр будет испещрен большим количеством темных линий. По положению этих линий в спектре можно судить о том, из каких химических веществ состоит солнце, Дело в том, что каждому веществу, каждому элементу (водороду, кислороду, железу и т. д.) соответствует определенное положение линий в спектре.

Большая или меньшая яркость этих линий, большая или меньшая ширина их указывают на те условия, в которых находится элемент,—какая у него температура, давление и т. п. Спектр фотосферы сплошной и ничего не говорит о ее составе. Но когда свет фотосферы проходит через атмосферу солнца, в особенности через обращающий слой, то в спектре появляются темные линии, которые дают возможность судить о химическом строении атмосферы и о физических условиях на ней.

При обычных условиях, мы видим атмосферу Солнца „на просвет". При затмении, когда яркая фотосфера закрыта лунным диском, в течение нескольких секунд можно видеть обращающий слой и хромосферу „сбоку". Если в этот момент сфотографировать их спектр, то мы получим, так называемый, спектр вспышки, состоящий из светлых линий на темном фоне. Так как щелью в этом случае является узкий серп обращающего слоя, то линии спектра будут иметь вид серпов.

Размеры и ширина их дают нам сведения о распределении тех или иных химических элементов по высоте, о количестве их, о температуре и движении и т. д. Получение фотографии спектра вспышки—очень трудная задача, но зато каждый удачный снимок имеет огромное научное значение.

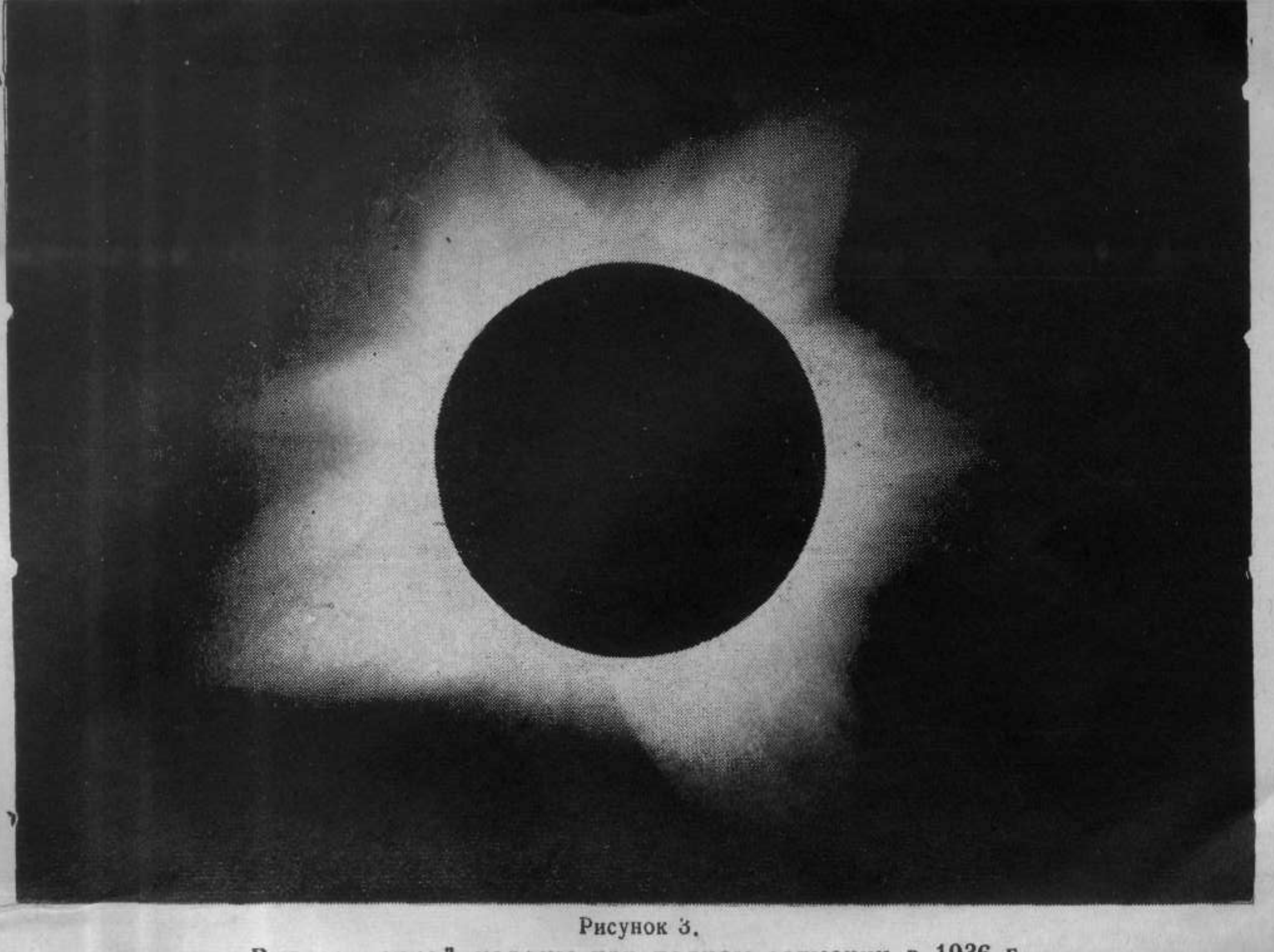


Рисунок 3.

Вид солнечной короны при полном затмении в 1936 г.

5. Наблюдения солнечной короны.

Солнечная корона (рис. 3) является самой внешней оболочкой Солнца. Она поднимается на высоту в несколько миллионов километров, простираясь больше, чем на 2 радиуса от поверхности Солнца. Вид короны, этого замечательно красивого серебристого сияния вокруг Солнца, восхищает каждого, кому удается ее видеть.

Солнечную корону обычно разделяют на внутреннюю и внешнюю. Внутренняя корона, более яркая, дает сплошной спектр без темных линий. На фоне сплошного спектра можно заметить свыше 20 ярких спектральных линий. Объяснение особенностей спектра короны представляет очень большие затруднения. Только в 1941 г. Эдлену удалось показать, что источником светлых линий короны являются такие элементы, как аргон, кальций, железо и никель, находящиеся в особом состоянии очень сильной ионизации.

В то же время большая ширина светлых линий и отсутствие темных как будто говорит об очень быстром движении излучающих атомов, соответствующем очень высокой температуре порядка миллиона градусов.

В спектре внешней короны наблюдаются темные линии обычного спектра Солнца. Линии эти сравнительно резкие и тонкие, что трудно объяснимо, так как такие линии могут получиться только в том случае, если корона состоит из пылинок, а это при высокой температуре мало вероятно.

Исследование спектра короны ставится при наблюдении каждого затмения и представляет очень трудную задачу, ввиду слабого свечения короны и трудностей учета влияния рассеянного света неба.

С помощью особых приборов, так называемых коронографов, расположенных равномерно вдоль полосы полной фазы, производятся снимки для выяснения изменений, происходящих в короне за то время, в течение которого лунная тень проходит от одного прибора до другого, а также для изучения различных деталей строения короны.

Важной задачей является изучение яркости короны и, так называемой, поляризации света, которые тоже дают материал для суждения о ее строении.

Таковы некоторые из основных задач, стоящих перед астрономами во время наблюдений полного солнечного затмения 9 июля 1945 г.

6. Изучение ионосферы Земли

Помимо этих, чисто астрономических, задач во время затмения производится исследование состояния ионизационного слоя атмосферы-ионосферы.

Многие, вероятно, знают, что в верхних слоях земной атмосферы имеется, так называемый, слой Хивисайда, очень важный для радиосвязи. Относительно возникновения этого слоя могут быть такие гипотезы, что этот слой возникает в результате освещения атмосферы солнечными лучами короткой длины волны (ультрафиолетовое излучение) или в результате действия заряженных электричеством частичек, летящих от Солнца (корпускулярное излучение) или от совокупного действия этих причин.

Наблюдения над слышимостью коротковолновых радиосигналов во время полного затмения, а также применение специальной аппаратуры позволют дать ответ и на этот вопрос. Основным источником происхождения слоя Хивисайда является, как удалось выяснить, освещение солнечными лучами. Что касается влияния корпускулярного излучения, тот этот вопрос требует дальнейшего изучения.

Кроме того, наблюдения во время полного затмения дают материал для изучения оптических свойств атмосферы и решения целого ряда других вопросов геофизики.

Любительские наблюдения во время частного затмения

При наблюдениях затмения необходимо помнить, что **смотреть на солнце даже во время частного затмения простым глазом нельзя**. Поверхность Солнца настолько ярка, что глаз, незащищенный темным стеклом, неминуемо будет поврежден ярким солнечным светом. Заблаговременно перед затмением следует заготовить темные стекла, через которые можно свободно смотреть на Солнце вне затмения. В качестве темных стекол можно использовать проявленные на свету до полного почернения фотопластинки или пленки. Если их под руками нет, можно закоптить на сильно коптящем пламени (например, на пламени керосиновой лампы или свечи) чистый квадратик стекла. Чтобы слой сажи не стирался, на закопченую сторону пластинки

следует наложить рамку из толстой бумаги и закрыть другим квадратиком стекла, наклеив на края бумажную полоску.

В течение частного затмения можно провести ряд довольно интересных наблюдений, особенно если наибольшая фаза будет больше 0,9.

Весь ход затмения можно сфотографировать с помощью самого примитивного самодельного аппарата, который даст лучший результат, чем обычные фотоаппараты.

Для устройства простейшей фотокамеры, в металлической пластинке следует проделать маленькое круглое отверстие (0.3–0.5 мм в диаметре). Эта пластинка будет играть роль объектива аппарата. Самую камеру можно сделать из фанеры, картона или даже плотной бумаги, натянутой на деревянный каркас. Только нужно добиться, чтобы никаких отверстий и щелей в камере не было. Длина камеры безразлична, но лучше сделать ее длиннее (около 1 метра). В переднюю часть камеры вставляется пластинка с дыркой, а в задней устраивается кассетная часть. Кассеты должны вставляться так, чтобы в камеру не проникал посторонний свет. Выдержка для камеры длиной в 1 м с отверстием 0.5 мм должна быть от 0.5—0.1 сек., что можно получить, быстро открывая и закрывая отверстие. На одной пластинке 9×12 см можно сделать целый ряд снимков, соответствующим образом устанавливая камеру для каждого снимка, чтобы изображения Солнца не попадали друг на друга. Для подобных установок следует сделать простенький искатель. Производя фотографирование через 10 мин., можно получить 10—12 снимков для хода частного затмения.

Если в распоряжении есть обычный фотографический аппарат, можно провести исследование ослабления дневного света, фотографируя несколько раз неподвижным аппаратом лист белой бумаги, освещенный рассеянным светом неба при одной и той же выдержке.

Интересно обратить внимание на форму бликов, проходящих через листву деревьев. При обычных условиях они круглы, а во время затмения принимают вид серпиков.

Ниже приводится список солнечных затмений, которые будут наблюдаться в СССР до 2000 года (по „Канону затмений“ Оппольцера).

Год	Месяц и число	Характер затмения	Область видимости
1948	май 9	кольцеобразное	около Владивостока.
1949	апрель 28	частное	Европейская часть СССР
1950	сентябрь 12	полное	район Чукотского полуострова.
1952	февраль 25	полное	Средняя Азия, Западная Сибирь (около Красноярска).
1953	февраль 14	частное	Восточная Сибирь.
1954	июнь 30	полное	близ Минска, Чернигова, Харькова, Ейска, Армавира, Баку.
1956	декабрь 2	частное	Европейская часть СССР, Западная Сибирь
1957	апрель 30	кольцеобразное	Северная Печера, Новая Земля.
1961	февраль 15	полное	Крым, Сталинград, Западная Сибирь.
1963	июль 20	полное	отчасти в Сибири.
1966	май 20	кольцеобразное	Черное море, Северный Кавказ, Казахстан.
1968	сентябрь 22	полное	Новая Земля, Западная Сибирь, Казахстан.
1971	февраль 25	частное	Европейская часть СССР, Западная Сибирь.
1975	май 11	частное	Европейская часть СССР, Сибирь.
1976	апрель 29	кольцеобразное	Европейская часть СССР, Сибирь.
1981	июль 31	полное	близ Сухуми, Астрахани, Кузнецка, Нижнеудинска и Хабаровска.

Год	Месяц и число	Характер затмения	Область видимости
1982	декабрь 15	частное	Европейская часть СССР, Западная Сибирь.
1985	май 20	частное	Сибирь.
1987	сентябрь 23	кольцеобразное	Казахстан.
1990	июль 22	полное	близ Ленинграда и Архангельска.
1993	май 21	частное	Северная часть СССР.
1997	март 9	полное	около Иркутска, Хабаровска.
1999	август 11	полное	Крым, Закавказье.

Полное солнечное затмение в Саратове будет видно 16 октября 2126 года. Затмение начнется в Финляндии. Полоса полной фазы пройдет через Новгород, Москву, Саратов и далее за Урал.

Любители астрономических знаний могут получать консультации, справки задания для работы, проверку и отзывы о ней в Саратовском Отделении Всесоюзного Астрономо-Геодезического Общества при Академии Наук СССР по адресу: Саратов, Университетская улица, д. 42, III корпус СГУ Совет СОВАГО. О заседаниях членов Саратовского Отделения Общества извещения публикуются в газете „Коммунист“ и в афишах.

СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

1. *Введение* 3
2. *Отчего происходят затмения Солнца и Луны* 5
3. *Число и периодичность затмений* 7
4. *Солнечные затмения* 10
5. *Полное солнечное затмение 9 июля 1945 года* 15
6. *Наблюдения солнечных затмений* 16
8. *Любительские наблюдения во время частного затмения* 22

Ответственный редактор—Проректор СГУ проф. *П. В. Голубков.*

Саратов, 1945 г. Издательство СГУ.
Объем 1,5 печ. листа. Тираж 500 экз. Заказ 1810. Бесплатно.
НГ23531. Саратов. Типография 1 Полиграфиздата.